

DURÉE DE VIE D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

RÉSUMÉ

En 2015, lors de la COP 21, les 196 pays signataires de l'accord de Paris sur le climat se sont engagés à lutter contre le changement climatique. La majorité des pays signataires de l'accord dont la France, pour atteindre cet objectif de neutralité carbone d'ici à 2050, mise sur un recours accru à l'électricité.

La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), issue de la Loi de Transition Énergétique et de Croissance Verte (LTECV), jalonne les étapes de cette transition énergétique qui se heurte à un double problème quasiment contradictoire :

- la production de masse d'une énergie non carbonée pour répondre au besoin climatique et le maintien du PIB directement lié à la consommation énergétique
- la réduction du nucléaire, énergie non carbonée, en pensant se prémunir, des risques liés à cette industrie

Pour faire les bons choix, l'exécutif s'appuie sur les nombreux rapports thématiques publiés par le gestionnaire du Réseau de Transport de l'Electricité (RTE).

Les différents scénarios étudiés proposent à l'horizon 2050 différents « mix électrique » avec, entre autres, une solution extrême : ramener la part du nucléaire de 50 à 0 %.

La durée de vie affichée des centrales nucléaires est, avec le problème du traitement des déchets, l'élément principal pour diminuer la part du nucléaire dans le mix énergétique.

Pour statuer sur la durée de vie d'un matériel ou d'une installation, il est nécessaire d'identifier les paramètres qui entrent dans la détermination de cette durée de vie afin de savoir s'ils portent par partie ou sur l'ensemble du système.

Il est donc nécessaire d'identifier tous les paramètres qui entrent dans l'estimation de cette durée de vie afin de déterminer les meilleures solutions à appliquer. On ne peut pas toujours calculer mais plutôt estimer une durée de vie d'un produit en fonction de son mode d'utilisation.

1. DURÉE DE VIE D'UN PRODUIT

1.1. CYCLE DE VIE D'UN PRODUIT INDUSTRIEL

Le cycle de vie, d'un produit industriel décrit les six étapes par lesquelles passe le produit de sa naissance à sa destruction :

- les études préalables qui traduisent, sous la forme d'un cahier des charges fonctionnelles, les besoins exprimés en biens
- la conception qui permet de traduire le cahier des charges en solutions techniques et de construire un prototype
- le respect des procédures d'assurance qualité lors de la production
- les conditions d'utilisation par l'utilisateur
- les modalités de surveillance et d'entretien du produit par le constructeur
- la destruction, période de démontage, de mise aux déchets ou de recyclage du produit

1.2. CRITÈRES DE DURÉE DE VIE D'UN PRODUIT

L'Agence pour l'environnement et la maîtrise de l'énergie (Ademe), introduit quatre notions clés : la durée moyenne de fonctionnement, la durée d'usage, la durée de détention totale et la durée d'existence.

Ces différentes notions sont conditionnées par :

- des contraintes techniques : la tenue des matériels dans le temps (phénomène d'usure), l'évolution de la technologie, la dépendance à des équipements associés, le coût de la remise à niveau, le changement des normes (sécurité)
- des contraintes économiques : le coût des investissements initiaux et la rentabilité
- des contraintes sociétales : l'utilisation spécifique d'un produit (durée du besoin), l'utilité du produit, l'évolution de la demande (phénomène de mode)

À cette liste de contraintes, il faut rajouter l'obsolescence programmée qui est la défaillance du produit intentionnellement programmée quelques mois après la fin de la garantie gratuite obligatoire pour des raisons commerciales, ce qui n'a rien à voir avec la durée de vie.

On comprend alors que les critères de durée de vie ne sont pas les mêmes :

- pour un smartphone qui devra répondre principalement à « l'évolution des spécifications d'un produit » (passage de la 4G à la 5G) et au « phénomène de mode »
- pour l'industrie lourde, comme le nucléaire, pour qui la technologie, compte tenu des investissements, devra assurer une durée de vie minimale (« le retour sur investissement ») sans préjuger sur la capacité réelle de l'équipement au-delà de cet objectif

2. CYCLE DE VIE D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE

Après la prise de décision politique de construire une centrale nucléaire on a pratiquement les mêmes étapes pour caractériser son cycle de vie :

- les études préalables ; avec par exemple le choix du lieu d'implantation de la centrale
- la conception : en 1974, pour son programme industriel de production d'électricité, la France a choisi le réacteur de seconde génération à eau pressurisée (REP), ce programme comportant trois niveaux de puissance dont 34 réacteurs de 900 MW, 20 de 1300 MW et 4 de 1450 MW
- la construction du réacteur et de son environnement : la centrale, avec pour exploitant Electricité de France (EDF)
- l'utilisation, c'est à dire l'étape active de la centrale productrice d'électricité
- l'arrêt du réacteur, puis la phase de démantèlement

L'ensemble des étapes de la construction d'une centrale puis son exploitation obéit à des procédures très réglementées.

En France, les centrales ont été conçues et construites pour être exploitées au moins 40 ans¹. Encore plus que pour tout autre produit manufacturé la sûreté et la sécurité de la centrale sont prioritaires.

Durant la phase de production d'électricité la centrale nucléaire est soumise à une liste d'opérations de maintenances impressionnante :

- quotidiennes : surveillances des équipements avec ajustement et/ou réparations nécessaires
- programmées : visites partielles, environ tous les 18 mois, en profitant des arrêts de tranche pour la recharge du combustible
- décennales : visites avec inspection détaillée et complète de la cuve, du circuit primaire, des générateurs de vapeur, de l'enceinte de confinement

C'est à l'issue de l'inspection décennale détaillée que l'Autorité de Sûreté Nucléaire (l'ASN) donne l'autorisation de poursuivre l'exploitation du réacteur sur la base d'une éventuelle mise à niveau de sûreté.

Comme toute installation industrielle, une centrale nucléaire ne vieillit pas, elle s'use.

Le retour d'expérience des opérations de maintenance conduit à systématiquement remplacer les pièces usées par des pièces neuves souvent de bien meilleure qualité que les pièces d'origine.

¹ Quelle est la durée de vie d'une centrale ? Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)

Pour une centrale nucléaire deux composants sont irremplaçables; l'enceinte de confinement et la cuve².

L'enceinte de confinement est la dernière barrière de protection de la population et de l'environnement.

Deux conceptions d'enceinte de confinement coexistent : pour les réacteurs de 900 MW enceinte à simple paroi (90 cm d'épaisseur) avec un « liner » métallique interne de 6 mm qui assure l'étanchéité et pour les réacteurs de 1300 et 1450 MW enceinte à double paroi (sans liner) avec un système de filtration d'air entre les deux parois.

Le suivi continu, en particulier les tests d'étanchéité de contrôle, et les connaissances actuelles indiquent que le l'enceinte de béton précontraint ne présente aucun souci de longévité.

La durée de vie de la cuve est un problème de métallurgiste : la température de transition ductile – fragile d'un acier ferritique (choisi pour les REP) est voisine de 0°C.

Le rayonnement neutronique du cœur induit une baisse de ductilité de l'acier des parties cylindriques (les « viroles ») de la cuve. Une surveillance en continu de la résistance à la rupture brutale est possible au moyen d'éprouvettes installées dans des capsules placées sur l'enveloppe du cœur.

Les éprouvettes sont prélevées et testées ce qui permet d'anticiper l'évolution des propriétés mécaniques de l'acier. Ce suivi des mesures de température, ainsi que les mesures technologiques prises pour réduire la fluence de l'acier dans les zones critiques en cas d'injection d'eau de refroidissement de secours, permet d'assurer une exploitation, sans risque de rupture fragile des cuves jusqu'à 80 ans de durée comme les cuves des centrales américaines.

3. PROLONGATION DE LA DURÉE DE VIE AU - DELÀ DES 40 ANS

3.1. LES MAINTENANCES PÉRIODIQUES ET LE PROGRAMME "POST - FUKUSHIMA"

Des arrêts sont programmés pour maintenance, visites partielles et visites décennales, chacune de ces visites intègre le retour d'expérience des visites précédentes.

Le réexamen périodique permet d'examiner l'état des installations pour vérifier leur conformité au référentiel de sûreté applicable avec l'objectif d'en améliorer le niveau après un examen approfondi des effets du vieillissement sur les matériels et l'apport de gros progrès, en particulier, en mécanique du solide et de la rupture grâce à la simulation numérique et la puissance de calculs des nouveaux ordinateurs.

À Fukushima, au moment de l'accident de mars 2011, Tepco l'exploitant a perdu les sources d'électricité internes et a manqué d'eau pour refroidir les réacteurs nucléaires.

À la suite de cet accident, EDF a proposé, à la demande de l'ASN, un plan³ visant à améliorer la sûreté dans le cas de situations plus extrêmes (séismes, inondations, terrorisme ...) que celles retenues précédemment.

Le plan proposé contient trois phases :

- la phase 1 qui permet de se donner les moyens internes fixes de faire face aux situations extrêmes avec trois grandes évolutions : un 3^{ème} diesel d'ultime secours (DUS) par tranche, une alimentation en eau augmentant l'autonomie du site et un centre de gestion de crise par site, cette phase intégrant les premiers éléments constitutifs du « Noyau Dur » et ces modifications répondant aux demandes de l'ASN
- la phase 2 avec la mise à disposition de moyens mobiles complémentaires : la Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN)
- la phase 3 qui permet de se mettre en position de résoudre des situations hautement improbables en renforçant la robustesse des dispositifs de prévention de la fusion du cœur du réacteur

Le programme des travaux est bien avancé : mise en exploitation de 52 diesels DUS et 24 visites décennales ont été réalisées sur les réacteurs de 900 MW, 1300 MW et 1450 MW.

Ainsi les réacteurs anciens auront un niveau de sécurité équivalent aux nouveaux EPR.

² Contribution au débat sur la transition énergétique de responsables d'entreprises, d'ingénieurs et de scientifiques
09-11-2012 Jean Fluchère

³ Plan d'action Post – Fukushima d'EDF - Présentation HCTISN du 06/10/16 par Stefano Salvatores

3.2. LE “GRAND CARÉNAGE” UNE ÉTAPE POUR PROLONGER LA DURÉE DE VIE

Le « Grand Carénage » est un programme d'investissement qui a pour objectif d'obtenir l'autorisation de poursuivre le fonctionnement des centrales après 40 ans de production.

Pour chaque centrale, en commençant par la mise à niveau des réacteurs de 900 MW les premiers susceptibles d'être arrêtés, trois grands types de travaux sont prévus :

- le remplacement des gros composants : générateurs de vapeur, alternateurs, transformateurs, réchauffeurs...., en fait remplacement de tous les composants qui permettent de garantir la sûreté nucléaire mais aussi d'obtenir un bon rendement thermodynamique (le fluide primaire décrit un « cycle de Rankine - cycle thermodynamique endoréversible »)
- l'amélioration de la sûreté, poursuite du plan « post Fukushima »
- tous les composants d'une tranche nucléaire sont remplaçables à l'exception de la cuve et de l'enceinte de confinement (jusqu'à 60 ans) à condition de maîtriser le vieillissement des métaux

Fin 2020 EDF a annoncé⁴ un réajustement à la hausse du coût de son programme « Grand Carénage », ce vaste chantier est évalué à 49,4 milliards d'euros.

Le programme d'amélioration devrait satisfaire les trois objectifs suivants :

- conformité des réacteurs avec la réglementation applicable
- maîtrise du vieillissement (gestion de l'obsolescence) des équipements
- niveau de sûreté équivalent à celui imposé aux réacteurs de troisième génération (EPR).

La réussite du programme « Grand Carénage » pourra permettre d'atteindre l'objectif d'une prolongation, au cas par cas, de la durée de vie d'un réacteur.

4. CONCLUSION

Techniquement les centrales ont été conçues et construites à l'origine pour fonctionner au moins jusqu'à 40 ans.

Avec la progression des techniques et des connaissances, les centrales actuellement en activité ont été améliorées pour continuer à fonctionner avec le plus haut niveau de sécurité possible et pourraient dépasser ces durées qui varient selon les pays.

Ainsi aux USA les centrales nucléaires qui sont du même type que les centrales françaises (licence Westinghouse) vont jusqu'à 40 ans mais plusieurs centrales ont déjà été autorisées à aller jusqu'à 60 ans voire 80 ans pour certaines.

En France les réacteurs ont été autorisés sans limitation de durée de fonctionnement, 40 ans correspondant à la durée initialement prévue par EDF.

L'autorisation d'exploitation d'une centrale est renouvelée pour 10 ans à la suite d'une visite décennale.

L'ASN considère que la poursuite du fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans n'est envisageable que si elle est associée à un programme volontaire et ambitieux d'améliorations au plan de la sûreté en cohérence avec les objectifs retenus pour les réacteurs de nouvelle génération et les meilleures pratiques sur le plan international.

Dans ces conditions il sera possible d'augmenter la durée de vie au-delà des 40 ans, comme le conseille par ailleurs l'Académie des Sciences⁵.

⁴ 29/10/2020 Article de l'Usine Nouvelle

⁵ 7/07/2020 Avis de l'Académie des Sciences